

# LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN MÉXICO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

• Leonardo de Jesús Ramos-Gutiérrez •  
*Comisión Federal de Electricidad, México*

• Manuel Montenegro-Fragoso •  
*Universidad Panamericana, México*

## Resumen

La generación hidroeléctrica inicia en el año de 1882, en las rudimentarias instalaciones de las pequeñas centrales localizadas en Inglaterra, Estados Unidos y Francia. En México, unos cuantos años después, se construyen sus primeras instalaciones. Batopilas en Chihuahua, fue la primera central del país en 1889; así, a nuestra nación se le considera pionera en la generación de energía eléctrica. Por 48 años, empresas privadas extranjeras instalaron pequeñas hidroeléctricas y comercializaron el producto en territorio mexicano. En 1937, el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con ello, la generación de energía de eléctrica pasó a ser del Estado. Hoy en día, el mundo tiene la necesidad de recurrir al desarrollo sustentable, utilizando recursos renovables para generar energía eléctrica y abatir con ello el cambio climático. En ese sentido, en México, el recurso renovable que más le favorece por su geografía, topografía y relieve es el hídrico. Cabe señalar que desde el 14 de agosto de 1937, fecha en que se creó la CFE, el país cuenta con 64 centrales hidroeléctricas; de ellas, veinte son de gran importancia y las 44 restantes son centrales pequeñas; 57 son plantas hidroeléctricas que producen energía eléctrica y siete están fuera de operación: El Durazno, Huazuntlán, Ixtapantongo, Santa Bárbara, Las Rosas, Tepazolco y Tingambato. En total se tienen 181 unidades generadoras de este tipo. Las veinte centrales más grandes se distribuyen de la siguiente manera: cinco en la Gerencia Regional de Producción Noroeste, dos en la Gerencia Regional de Producción Norte, cinco en la Gerencia Regional de Producción Occidente, dos en la Gerencia Regional de Producción Central y seis en la Gerencia Regional de Producción Sureste. México debe tener como directriz la sustentabilidad, con base en el uso de recursos renovables. Los países que han agotado su potencial hidroeléctrico intentarán vender su tecnología y los países como México deberán incrementar sustancialmente la construcción de este tipo de centrales, por las grandes ventajas que ofrecen sobre otras fuentes de energía. En las últimas décadas del siglo XX, no se construyeron en el país centrales hidroeléctricas, ya que a mediados del siglo referido, por ser más económicamente factibles para las finanzas públicas, se construyeron centrales termoeléctricas, pues se consideraban más baratas; a esto se sumó el yacimiento natural de petróleo encontrado en marzo de 1971, conocido como Cantarell, que hizo al gobierno inclinarse por centrales que utilizaran combustibles fósiles y así liberar las finanzas públicas; situación que hoy en día, con el problema de tipo ambiental que se experimenta el mundo, se considera un error.

**Palabras claves:** desarrollo sustentable, centrales hidroeléctricas, historia, finanzas públicas.

## Antecedentes

En el siglo XIX apareció lo que fue conocido como “turbina”; esta innovación fue desarrollada por Eourneyron, Jonval y Girard en Francia; por Thomson en Inglaterra, y en los Estados Unidos por James Francis y Lester Allen Pelton, con lo cual se llevaron a cabo los primeros aprovechamientos del recurso hidráulico para generar energía eléctrica alimentados mediante tuberías a presión. Se conoce que el primer sistema público hidroeléctrico comenzó a operar en 1881, en la pequeña población de Goldaming, en Surrey, Inglaterra, pero debido a problemas de tipo eléctrico no tuvo éxito.

La primera hidroeléctrica en Norteamérica fue construida sobre el río Fox, en Appleton Wisconsin, en el año de 1882. Gracias a un dínamo, Edison podía iluminar 550 lámparas. Arístides Berges construye un aprovechamiento de 200 m de caída y 700 kW de potencia, en las cercanías de Grenoble, Francia, y en 1882 desarrolla otro aprovechamiento de esas características, con una caída de 500 m, con una potencia de 1 800 kW, logrando una regulación, gracias a varias tomas construidas en los lagos. Para los años de 1883 y 1884, se construye la línea de transmisión para una potencia de 5 kV, con una longitud de 14 km y, con ello, la primera red de distribución, alimentada por una pequeña central hidroeléctrica localizada en los Alpes. Pero no fue sino hasta el final del siglo XIX, cuando la energía de los ríos se aprovecha como energía eléctrica, dando lugar al nacimiento de la hidroelectricidad.

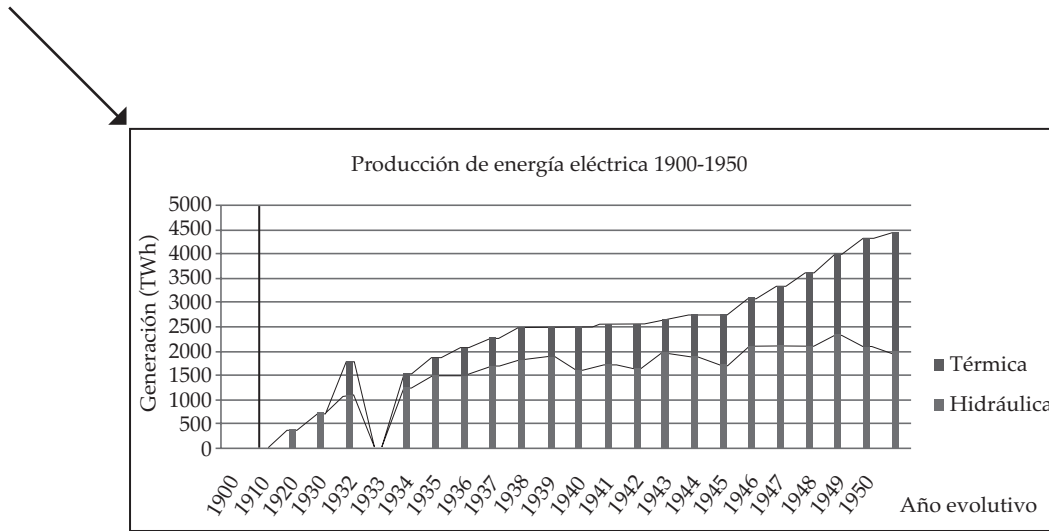
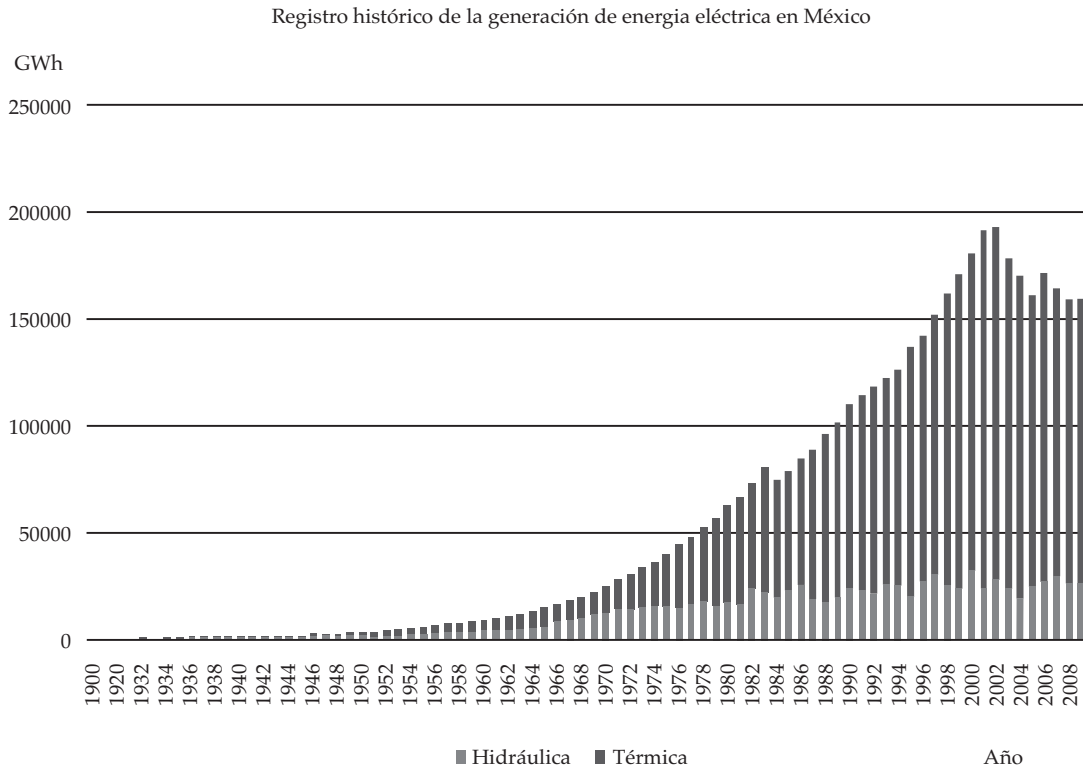
En México, las empresas eléctricas privadas eran las encargadas de suministrar la energía eléctrica a las principales ciudades, siendo los iniciadores de ello los empresarios mineros de Batopilas, Chihuahua, los cuales, en el año de 1889, comenzaron las obras pendientes para aprovechar las aguas del río del mismo nombre, con objeto de generar energía para las instalaciones de la explotación minera. Un importante personaje en este sentido

fue Alejandro R. Shepard, quien acopló a los molinos de trituración dos generadores de vapor movidos por otras tantas turbinas hidráulicas de 15 *horsepower* (HP), debiendo construir una presa derivadora de 187 m de longitud junto con un canal de conducción de 3 800 m, que tenía una sección rectangular, una bocatoma con rejillas y compuertas de control, y dos tuberías a presión de 1 m de diámetro y 22 m de longitud, que alimentaban a las pequeñas turbinas para una caída de 16 metros.

Esto fue el detonante para que en México, por esas fechas, surgieran otras pequeñas plantas hidroeléctricas en distintas zonas del país, todas con una sola idea: poder abastecer del recurso hídrico a un primer mercado surgido del trabajo en las minas durante los procesos de extracción, fundición y refinación de metales, y el derivado de una incipiente industria, que poco a poco fue creciendo hasta concretarse en fábricas de hilados y tejidos, molinos de harina, fábricas de cigarros y cervezas, artículos de yute, vidrio, madera, etcétera. Entre las empresas más importantes que pusieron en servicio centrales hidroeléctricas en aquellos tiempos fueron las siguientes: Textil San Ildefonso, Industrial de Orizaba, Luz y Potencia El Portezuelo, Mexicana de Electricidad, Segura y Braniff, entre otras.

Todo empezó a cambiar en cuanto al progreso mexicano; se abrían posibilidades de un nuevo horizonte comercial a partir de las nuevas plantas generadoras de electricidad, cuya capacidad excedía, en muchos casos, a las necesidades de las minas y fábricas a cuyo servicio estaban destinadas, pues la energía sobrante podía venderse con facilidad a consumidores comerciales, industriales y particulares, o a las autoridades, para proporcionar servicios públicos, tales como tranvías, alumbrado público, bombeo de agua potable, etcétera.

Así, para 1900 ya existían por lo menos 15 plantas hidráulicas generadoras de electricidad, con una capacidad de 12 000 kW, que abastecían diversas industrias y fábricas.



A partir de 1982, las cifras corresponden al total del servicio público.

A partir de 1986 incluye exclusivamente los servicios público y privado.

Incluye energía eolieléctrica de 4, 5 y 6 GWh para 1994, 1995 y 1996, respectivamente.

Fuente: de 1900 a 1984: Secretaría de Industria y Comercio, *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*;

de 1985 a 1991: Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Estudios, *Estadísticas del Sector Eléctrico Nacional*;

INEGI, *El Sector Eléctrico en México* (varios años); Presidencia de la República, informes de gobierno (varios años).

Figura 1. Evolución de la generación de energía eléctrica en México desde 1900.

Mediante estas modestas plantas, México, a finales del siglo XIX, estaba prácticamente a la par de los países industrializados (figura 1).

Al empezar el siglo XX, la naciente industria mexicana pronto rebasó sus primeros y estrechos límites, para entonces cubrir su nueva necesidad de instalaciones generadoras de mayor capacidad, a fin de hacer frente a la creciente demanda de energía eléctrica. Para ello se proyectó aprovechar los recursos hidráulicos de importancia que se podían encontrar en el país y se pensó en la cuenca del río Necaxa.

En el año 1900, basados en la idea de un doctor francés de apellido Valquiere, se decidió iniciar trabajos de captación de las aguas del río Necaxa, a fin de generar energía eléctrica; con este objeto se organizó la Société du Necaxa y el doctor Valquiere obtuvo del gobierno mexicano la concesión para utilizar dichas aguas para usos industriales, pero con la condición de que ello fuera únicamente dentro de la región; para ese fin se iniciaron los trabajos de perforación de un túnel, que fracasó. Derivado de ello se provocó que la concesión y propiedades fueran vendidas en 1903 a la Mexican Light and Power Company, Ltd., formada por Frederick Stark Pearson, un ingeniero electricista de origen estadounidense, quien con gran visión e iniciativa, vislumbró la posibilidad de aprovechar en gran escala los recursos hidráulicos de la cuenca del Necaxa para la generación de energía eléctrica y su transmisión al Distrito Federal y a la región Mineral del Oro, en el Estado de México.

En un tiempo extraordinariamente corto se realizaron los estudios, proyecto y construcción, permitiendo con ello que el 3 de diciembre de 1905 se efectuara la primera prueba de la planta Necaxa, y el miércoles 6 de ese mismo mes, entraron en operación las unidades 3 y 7, transmitiendo a la ciudad de México en forma permanente la energía generada, mediante las líneas de transmisión de 60 kV. En 1906 se instalaron un total de seis unidades más en la primera etapa, para dar una capacidad instalada de casi 50 MW. En 1914

aumentó su capacidad a 82.5 MW, alcanzando en el año 1922 los 99 MW hasta concluir en 1950 la instalación de la unidad 10 y llegar a la capacidad nominal de un gran total de 115 MW.

En 1910, México experimenta un cambio político fundamental en su historia, la Revolución Mexicana, durante la cual disminuyó considerablemente la construcción de plantas hidroeléctricas, en comparación con los años anteriores a 1910, año en que el país tenía una capacidad instalada de alrededor de 60 000 kW de los cuales aproximadamente el 80% lo tenía la Mexican Light and Power Company, Ltd. Es importante señalar que una vez terminado el conflicto revolucionario mexicano, las compañías eléctricas extranjeras, principalmente estadounidenses, inglesas y canadienses, se repartieron el territorio nacional, formando un gran número de empresas que obtenían concesiones en forma anárquica y con una legislación en la materia prácticamente inexistente.

En 1923 se creó un organismo con funciones de gestión y consulta para imponer medidas encaminadas a garantizar la conservación de los haberes hidráulicos, a extender y perfeccionar el empleo de estos recursos para la industria electromotriz y abaratar la energía, con el fin de evitar la tala de los bosques que eran empleados como combustible; este organismo fue conocido como la Comisión Nacional de Fuerza Motriz bajo el gobierno del general Álvaro Obregón.

En 1928 llegó a México la American and Foreign Power Company, empresa filial de la poderosa Electric Bond and Share. El mecanismo de integración de esta entidad fue muy similar al de la Mexican Light and Power Company, Ltd. Su actividad inicial fue comprar plantas de energía establecidas en todo el territorio, excepto en el Valle de México. En poco tiempo, tuvo un control casi total. El origen de este capital fue norteamericano y la energía se proporcionó a una frecuencia de cincuenta ciclos por segundo.

El 14 de agosto de 1937, el general Lázaro Cárdenas, presidente de México, firmó un

decreto mediante el cual creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica en territorio nacional.

La primera obra de importancia que emprendió la CFE fue la Planta Hidroeléctrica de Ixtapantongo, parte integrante de lo que posteriormente sería el Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. En 1938 se inició la construcción de la planta, la cual se concluyó en 1944; también en los primeros años de su creación, la CFE construyó las centrales hidroeléctricas de Xía, en Oaxaca; Bartolinas en Michoacán, y Río Ingenio en Nayarit.

## Medición

### *Pasado*

En los primeros treinta años de este siglo, el panorama de la industria eléctrica en México era totalmente monopólico, dado que dos empresas controlaban casi el 90% de la electricidad del país: la Mexican Light and Power Company, Ltd. y la American and Foreign Power Company. Las centrales de las cuales se tiene registro por parte de la Comisión Federal de Electricidad desde antes del año de 1937 son las que se tienen en el cuadro 1.

Antes de la Revolución Mexicana se estaba recurriendo al préstamo e inversión directa por parte de otros países; es decir, la electricidad llegó a México mediante complejos financieros, estudios, proyectos y construcción de las centrales, que respondían a intereses extranjeros. Sin embargo, con el tiempo la intervención de la ingeniería mexicana fue cada vez más significativa hasta alcanzar en los últimos proyectos construidos antes de 1937 un porcentaje aceptable de participación, aunque los equipos electromecánicos en su totalidad seguían siendo de procedencia extranjera, lo cual se traduce en deuda, porque no se tenía la capacidad de la inversión directa para la construcción y generación de energía eléctrica.

Después de la creación de la CFE se incrementó considerablemente la generación

de energía eléctrica basada en el uso del recurso hídrico.

Dando seguimiento al crecimiento hidroeléctrico en México bajo el control de la CFE, en los años cuarenta se construyen, además de Ixtapantongo, varias plantas hidroeléctricas, como Zumpimito, Colotlipa y Colimilla, instalándose una capacidad de 129 MW; en los años cincuenta, con la construcción de plantas como Santa Bárbara, Tingambato, Temascal, Cóbano y Oviachic, se instaló un total de 679 MW; en los años sesenta se construyeron plantas tan importantes como El Fuerte, Novillo, Santa Rosa, Cupatitzio, Mazatepec, Infiernillo y Malpaso, con una capacidad total de 2 032 MW; posteriormente, en los años setenta se construyeron las plantas de Humaya, Villita y Angostura, con un total instalado de 1 990 MW; más adelante, en los años ochenta, con la construcción de Chicoasén, Caracol, Peñitas, Amistad y Bacurato, la potencia equipada alcanzó los 2 542 MW.

Durante el último decenio del siglo XX se construyeron las centrales hidroeléctricas de Agua Prieta, Comedero, Aguamilpa y Zimapán, Ampliación Temascal, Chilatlán, Tecate, San Juan Tetelcingo, Xúchiles, Boca del Cerro y Huites, donde se alcanzó un total de 11 576 MW de potencia instalada de centrales hidroeléctricas. En este periodo sobresalieron dos proyectos hidroeléctricos importantes, uno de ellos fue Zimapán, que ocupó el lugar 14 entre las presas de concreto con solución de arco más altas en el mundo; el otro proyecto de alta envergadura fue la construcción de Aguamilpa, con una cortina de 190 m, que ocupó en ese entonces el primer lugar mundial entre las presas de enrocamiento con losa de concreto en su paramento de aguas arriba; posteriormente, el proyecto hidroeléctrico El Cajón superó en tamaño de cortina y paramento a Aguamilpa, siendo así el proyecto hidroeléctrico con cara de concreto y enrocamiento más alta de Latinoamérica en su tipo (cuadro 2).

Hoy día se tiene una legislación o regulación del servicio eléctrico, por lo cual es importante analizar la normativa sobre el



Cuadro 1. Centrales hidroeléctricas antes del año 1937, en México.

Nombre de la central	Número de unidades	Fecha de entrada en operación	Capacidad efectiva instalada (MW)	Ubicación
Portezuelos I	4	01-ene-1901	2	Atlixco, Puebla
Tirio	3	01-ene-1905	1	Morelia, Michoacán
Ixtaczoquitlán	1	10-sep-1905	2	Ixtaczoquitlán, Veracruz
Platanal	2	01-ene-1906	9	Jacona, Michoacán
Portezuelos II	2	01-ene-1908	1	Atlixco, Puebla
Botello	2	01-ene-1910	13	Panindícuaro, Michoacán
Colotlipa	4	01-ene-1910	8	Quechultenango, Guerrero
Puente Grande	2	01-ene-1912	12	Tonalá, Jalisco
Boquilla	4	01-ene-1915	25	San Francisco Conchos, Chihuahua
Tepexic	2	01-ene-1923	5	Puebla
Las Juntas	3	01-feb-1923	15	Guadalajara, Jalisco
Alameda	4	01-feb-1923	8.88	Malinalco, Estado de México
Rosetilla	2	01-ene-1930	10.25	Chihuahua
Lerma I (Tepuxtepec)	4	01-ene-1931	80	Tepuxtepec, Michoacán

Fuente: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx).

manejo hidroeléctrico en México; para ello se debe mencionar que las primeras plantas de generación hidráulica fueron concesionadas por estados y municipios hasta que se emitió la Ley de Aguas Federales, en 1901, que autorizó al Ejecutivo Federal otorgar concesiones de aprovechamiento de las aguas federales.

En 1926 se emitió el Código Nacional Eléctrico, que fue el primer intento de regular la reciente industria eléctrica. La primera Ley de la Industria Eléctrica (LIE) se emitió en 1939, con el objetivo central de “Regular la generación de energía eléctrica, su transformación, transmisión, distribución, importación, exportación, compraventa, utilización y consumo, a efecto de tener su mejor aprovechamiento en beneficio de la comunidad”. La LIE definió que las concesiones serían otorgadas por la Secretaría de la Economía Nacional, que tendría bajo su supervisión el cumplimiento de la ley. La definición de las tarifas fue entonces responsabilidad de esta secretaría; aun cuando

no se expresó con claridad el método para definir tarifas, se deduce que es el “costo del servicio”.

En diciembre de 1948 se crea un organismo público descentralizado —Comisión de Tarifas Eléctricas— con funciones para definir el régimen tarifario y los cargos a los usuarios, sobre la base de estudios económicos debidamente analizados con las empresas de suministro, y con funcionarios del sector comercial e industrial, público y privado. En 1983 se emite una nueva Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Se crea la figura de autoabastecimiento, que autoriza a los grandes consumidores a instalar plantas de generación para surtir su consumo; la definición de las tarifas sería responsabilidad de la Secretaría de Hacienda y la supervisión de la Secretaría de Energía y Minas. En diciembre de 1992 se emitió la Ley de la Industria Eléctrica, que está vigente hasta hoy; se crearon las figuras de autoabastecimiento, cogeneración, productor externo, pequeño productor, importador y

Cuadro 2. Centrales hidroeléctricas después del año 1937, en México.

Nombre de la central	Número de unidades	Fecha de entrada en operación	Capacidad efectiva instalada (MW)	Ubicación
Bartolinas	2	20-nov-1940	1	Tacámbaro, Michoacán
Jumatán	4	17-jul-1941	2	Tepic, Nayarit
Ixtapantongo (Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán)	3	29-ago-1944	0	Valle de Bravo, Estado de México
Zumpimito	4	01-oct-1944	6	Uruapan, Michoacán
Las Rosas	1	01-ene-1949	0	Cadereyta, Querétaro
Colimilla	4	01-ene-1950	51	Tonalá, Jalisco
Santa Bárbara (Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán)	3	19-oct-1950	0	Santo Tomás de los Plátanos, Estado de México
Minas	3	10-mar-1951	15	Las Minas, Veracruz
Encanto	2	19-oct-1951	10	Tlapacoyan, Veracruz
Texolo	2	01-nov-1951	2	Teocelo, Veracruz
Electroquímica	1	01-oct-1952	1	Cd. Valles, San Luis Potosí
Schpoiná	3	07-may-1953	2	Venustiano Carranza, Chiapas
Tepazolco	2	16-abr-1953	0	Xochitlán, Puebla
Falcón	3	15-nov-1954	32	Nueva Cd. Guerrero, Tamaulipas
Cóbbano	2	25-abr-1955	52	Gabriel Zamora, Michoacán
El Durazno (Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán)	2	01-oct-1955	0	Valle de Bravo, Estado de México
Oviáchic	2	28-ago-1957	19	Cajeme, Sonora
Tingambato (Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán)	3	24-sep-1957	0	Otzoloapan, Estado de México
San Pedro Porúas	2	01-oct-1958	3	Villa Madero, Michoacán
Mocúzari	1	03-mar-1959	10	Álamos, Sonora
Temascal	6	18-jun-1959	354	San Miguel Soyaltepec, Oaxaca
Chilapan	4	01-sep-1960	26	Catemaco, Veracruz
27 de Septiembre ( <i>El Fuerte</i> )	3	27-ago-1960	59	El Fuerte, Sinaloa
Bombaná	4	20-mar-1961	5	Soyaló, Chiapas
Mazatepec	4	06-jul-1962	220	Tlatlauquitepec, Puebla
Cupatitzio	2	14-ago-1962	72	Uruapan, Michoacán
Tamazulapan	2	12-dic-1962	2	Tamazulapan, Oaxaca
Luis M. Rojas ( <i>Intermedia</i> )	1	01-ene-1963	5	Tonalá, Jalisco
Salvador Alvarado ( <i>Sanalona</i> )	2	08-may-1963	14	Culiacán, Sinaloa
Manuel M. Diéguez ( <i>Santa Rosa</i> )	2	02-sep-1964	61	Amatitán, Jalisco

Cuadro 2 (continuación). Centrales hidroeléctricas después del año 1937, en México.

Plutarco Elías Calles ( <i>El Novillo</i> )	3	12-nov-1964	135	Soyopa, Sonora
Infiernillo	6	28-ene-1965	1 120	La Unión, Guerrero
Ambrosio Figueroa ( <i>La Venta</i> )	5	31-may-1965	30	La Venta, Guerrero
Camilo Arriaga ( <i>El Salto</i> )	2	26-jul-1966	18	El Naranjo, San Luis Potosí
José Cecilio del Valle	3	26-abr-1967	21	Tapachula, Chiapas
Huazuntlán	1	01-ago-1968	0	Zotepan, Veracruz
Malpaso	6	29-ene-1969	1 080	Tecpatán, Chiapas
Villita	4	01-sep-1973	300	Lázaro Cárdenas, Michoacán
Belisario Domínguez ( <i>Angostura</i> )	5	14-jul-1976	900	Venustiano Carranza, Chiapas
Humaya	2	27-nov-1976	90	Badiraguato, Sinaloa
Manuel Moreno Torres ( <i>Chicoasén</i> )	8	29-may-1981	2 400	Chicoasén, Chiapas
Carlos Ramírez Ulloa ( <i>El Caracol</i> )	3	16-dic-1986	600	Apaxtla, Guerrero
La Amistad	2	01-may-1987	66	Acuña, Coahuila
Bacurato	2	16-jul-1987	92	Sinaloa de Leyva, Sinaloa
Ángel Albino Corzo ( <i>Peñitas</i> )	4	15-sep-1987	420	Ostuacán, Chiapas
Raúl J. Marsal	2	13-ago-1991	100	Cosalá, Sinaloa
Valentín Gómez Farías ( <i>Agua Prieta</i> )	2	15-sep-1993	240	Zapopan, Jalisco
Aguamilpa Solidaridad	3	15-sep-1994	960	Tepic, Nayarit
Colina	1	01-sep-1996	3	San Francisco Conchos, Chihuahua
Luis Donald Colosio ( <i>Huites</i> )	2	15-sep-1996	422	Choix, Sinaloa
Fernando Hiriart Balderrama ( <i>Zimapán</i> )	2	27-sep-1996	292	Zimapán, Hidalgo
Leonardo Rodríguez Alcaine ( <i>El Cajón</i> )	2	01-mar-2007	750	Santa María del Oro, Nayarit

Fuente. [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx).

exportador, las cuales no constituyen servicio público, que es responsabilidad de la CFE. Se autoriza que las líneas de transmisión puedan ser usadas por los permisionarios autorizados para transmitir electricidad de sus centros de generación a sus puntos de consumo. Se estableció el pago por parte de CFE al gobierno federal de una cuota por el aprovechamiento de los activos; en la práctica es del 9% del valor. Es importante mencionar que la Ley de

referencia indica en su artículo 46: "Los montos que se deriven del pago del aprovechamiento mencionado se destinarán para complementar las aportaciones que efectúa el gobierno federal a la Comisión Federal de Electricidad para inversión en nuevas obras de infraestructura eléctrica hasta el monto asignado para tal efecto, conforme al presupuesto de egresos de la Federación y se aplicarán de acuerdo con los preceptos autorizados". Es muy importante



esta aclaración, ya que con frecuencia se confunde el destino etiquetado de la aportación con subsidios. La supervisión de la operación e inversiones de la CFE está dada por La Junta de Gobierno, integrada en ese entonces por el secretario de dicha Junta, los secretarios de Energía, Función Pública y Hacienda, y el secretario (no del Ejecutivo Federal) de la Comisión Reguladora de Energía; así como por los directores de Pemex y la CFE, y tres directores sindicales.

Ahora bien, las hidroeléctricas han tenido altibajos en cuanto a su construcción debido a las diversas prioridades de inversión que los gobiernos federales han venido experimentando a lo largo del tiempo; simplemente, en el gobierno del presidente Ernesto Zedillo Ponce de León (1994-2000) no se invirtió en la construcción de proyectos hidroeléctricos, por lo cual se tuvo un rezago; en 2011, ante el cambio climático, se tuvo una desfavorable desventaja de México en relación con el mundo en materia de sustentabilidad, por ser dependiente en mayor porcentaje de generación de energía eléctrica de centrales que utilizan combustibles fósiles.

### *Presente*

De acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2011), los recursos hidráulicos mundiales representan un potencial de energía por aprovechar que se estima en 36 000 TWh; sin embargo, el margen de aprovechamiento que se tiene estimado es de 15 000 TWh (al año 2011); de este valor, aproximadamente el 1% es el potencial calculado para México, es decir, 159 TWh anuales. Para determinar lo anterior, se llevaron a cabo una serie de comparaciones entre los porcentajes de aprovechamiento de los recursos hidráulicos, para fines de energía, en el mundo.

El mayor desarrollo hidroeléctrico de México después de 1937, con 4 800 MW, se localiza en la cuenca del río Grijalva y está integrado por

las centrales Angostura (Belisario Domínguez), Chicoasén (Manuel Moreno Torres), Malpaso (Netzahualcóyotl) y Peñitas (Ángel Albino Corzo). A diciembre de 2008 representaba 42.3% de la capacidad hidroeléctrica total en operación.

Otro desarrollo importante es el de la cuenca del río Balsas, localizado al occidente del territorio mexicano. Está conformado por la central hidroeléctrica Caracol (Carlos Ramírez Ulloa), Infiernillo (Adolfo López Mateos) y La Villita (José María Morelos), con un total de 1 900 MW, que corresponden al 16.7% de la capacidad hidroeléctrica total. En 2007 entró en operación en la cuenca del río Santiago la central El Cajón —como ya se mencionó en este artículo— con 750 MW, que junto con Aguamilpa se localiza en Nayarit. Ambas participan con 1 710 MW, lo que equivale a 15.1% de la capacidad instalada de este tipo de tecnología en el país.

También se cuenta con Huites (Luis Donaldo Colosio), en el noroeste de México, con dos unidades turbogeneradoras de 211 MW cada una; así como Zimapán (Fernando Hiriart Balderrama) en el centro del país, también con dos unidades de 146 MW cada una, que representan el 6.3% de la capacidad hidroeléctrica total.

El 19.6% restante se encuentra distribuido principalmente en las cuencas de los ríos Papaloapan, Santiago, Pánuco, Yaqui, El Fuerte, Culiacán y Sinaloa.

Es lógico que en una comparación sobresalgan rápidamente los países industrializados, que han desarrollado un gran porcentaje de su potencial, desde un 96% para el caso de Francia, por mencionar una de las máximas potencias en este sentido. Es conveniente hacer hincapié en el caso de China, que desde el año 2010 ya es considerada como potencia económica mundial, y no obstante su alto porcentaje de aprovechamiento del recurso, ha mostrado cómo debe ser el buen manejo de una central hidroeléctrica, ya que aunque el proyecto de Tres Gargantas no ha llegado a

su conclusión total, prácticamente la inversión inicial ya fue pagada con la generación que ha tenido (Washington, 19 de mayo IPS), siendo ésta la directriz mundial a seguir en lo referente al buen ejercicio de las inversiones en proyectos sustentables.

La tendencia actual es que algunos países en vías de desarrollo, como México, direccionan su parque eléctrico al aprovechamiento del uso de recursos renovables; dicha tendencia ya se observa en algunos países latinoamericanos, como Brasil, Argentina, Venezuela y Colombia; para ello, desde la última década del siglo XX, han realizado significativos esfuerzos, con objeto de lograr un mayor aprovechamiento de sus sectores eléctricos y la generación de progreso.

En América Latina se podría argumentar que al no disponer de grandes reservas de hidrocarburos se vislumbra un futuro próximo que depende en un mayor porcentaje de la hidroelectricidad, aprovechando la geográfica, sin embargo, Venezuela, que como todos sabemos cuenta con una gran reserva de hidrocarburos, desarrolla la generación hidroeléctrica en un mayor grado que nuestro país, aunque el gobierno actual del presidente Hugo Chávez está girando hacia la creación de centrales nucleoeeléctricas, lo que dio a conocer en diciembre de 2010 (*Noticias 24 de Venezuela*).

En México, a partir de 1987, innovando el manejo de las finanzas públicas, se diseñó un nuevo mecanismo de inversión denominado Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo de impacto Diferido en el Gasto, también conocido como Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (Pidiregas), que desde el año 1988, con el gobierno del entonces presidente Carlos Salinas de Gortari, se ha venido utilizando de forma creciente en el sector energético.

Las principales características de estos proyectos son:

1. La construcción de las obras la realiza el sector privado por cuenta y orden de las

entidades públicas, con financiamiento propio o de terceros.

2. Durante su construcción, los gastos no impactan a las finanzas públicas, siendo registrados únicamente en cuentas de orden. Una vez que los proyectos entran en operación, se inicia el pago de las obligaciones y es hasta entonces cuando se afecta el gasto público.
3. El flujo de ingresos anual que el proyecto genere por la venta de bienes y servicios debe ser suficiente para cubrir el pago de las obligaciones contraídas.
4. En inversión directa, las obligaciones de pago correspondientes al ejercicio corriente y al que le sigue se registran como pasivo directo, y el resto como pasivo contingente.
5. Las obligaciones contraídas tienen preferencia respecto a nuevos financiamientos para su inclusión en el presupuesto de los años posteriores hasta el término de su vigencia.
6. Los Pidiregas tienen un marco normativo para su aprobación, ejecución y seguimiento más estricto que el de los proyectos presupuestarios.

Es por ello, que México, al amparo de este esquema, actualmente está construyendo el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, un mega proyecto hidroeléctrico, con 750 MW de capacidad instalada y que evidentemente requiere de la participación de la iniciativa privada para salvaguardar las finanzas públicas; buscar invertir el capital privado para luego recuperar la inversión cuando esté generando la central hidroeléctrica.

### *Futuro*

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público debe asumir el compromiso pleno, junto con el actual y futuro gobierno federal, de invertir en hidroeléctricas, pues el futuro que se vislumbra viene rodeado de una responsabilidad ambiental en pro de un desarrollo sustentable;

en ese sentido sobresalen las centrales hidroeléctricas, que en el parque eléctrico mexicano pueden promover el desarrollo sustentable, al ser socialmente aceptables, ambientalmente factibles y económicamente viables, es decir, sustentables.

Las centrales hidroeléctricas son el futuro de la generación de energía eléctrica en México, son detonadoras de progreso y desarrollo económico en los lugares de afectación, lo cual, con la política mundial actual y en la búsqueda del abatimiento del calentamiento climático, cobra relevancia como la fuente de generación de energía eléctrica en México más fuerte utilizando recursos renovables que no contaminan y no promueven el efecto de gas invernadero.

Por otro lado, el futuro en este sentido se inclina más hacia esta tecnología de generación de energía eléctrica por el comercio mundial de bonos de carbono; se denominan bonos de carbono a las reducciones certificadas de emisiones de gases efecto invernadero o CERs (por sus siglas en inglés, Certified Emission Reductions). El CER es la unidad que corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente. Los CERs se generan en la etapa de ejecución del proyecto y se extienden una vez acreditada dicha reducción. Son créditos que se transan en el mercado del carbono.

El mercado del carbono es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases efecto invernadero. Se creó a partir de la necesidad de cumplir con el Protocolo de Kyoto. México tiene la ventaja de ser miembro de este Protocolo, el cual, mediante la construcción de centrales hidroeléctricas, puede explotar y ser no sólo un MDL (el MDL es un mecanismo del Protocolo de Kyoto basado en proyectos, que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases efecto invernadero en países en desarrollo), sino un mecanismo de inversión latente que ayudará a recuperar más la inversión de la construcción de centrales hidroeléctricas que se pretenden

construir, ya que la iniciativa privada será la que construya dichas centrales mediante los contratos Pidiregas y la modalidad de Proyectos Inversión Financiada, que la CFE promueve desde el proyecto hidroeléctrico El Cajón y actualmente en el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca (2011), para salvaguardar las finanzas públicas. El potencial hidroeléctrico desde 2011 en adelante está conformado como se muestra en el cuadro 3.

De este potencial hidroeléctrico, los proyectos a corto plazo que se tienen en cartera son El P.H. La Yesca, con 750 MW de potencia instalada actualmente ya en construcción, que se localiza entre los estados de Jalisco y Nayarit; el P.H. La Parota, con 600 MW de potencia instalada, que se ubicará en el estado de Guerrero; el P.H. Paso de la Reina, con 870 MW de potencia instalada, que se localizará en el estado de Oaxaca; el P.H. Copainala, que tendrá una potencia instalada de 225 MW y se localizará en el estado de Chiapas; finalmente, el P.H. Las Cruces, en Nayarit, con 480 MW de capacidad instalada. Todos estos proyectos se llevarán a cabo mediante la modalidad de obra pública financiada como contratos Pidiregas.

## Análisis

### *Pasado*

Se debe entender que México, en materia de hidroelectricidad, parte de dos rubros. Primero, cuando las empresas eléctricas privadas tenían (en 1889, aproximadamente) la premura de suministrar la energía eléctrica a las principales ciudades, y siendo la clase minera los pioneros en Batopilas, Chihuahua, en dicho suministro, iniciaron el aprovechamiento de las aguas del río del mismo nombre, para comenzar a generar energía eléctrica. Evidentemente, al ser la primera forma de generación de energía eléctrica, se puede vislumbrar que se iban a experimentar mejoras y adecuaciones conforme pasara el tiempo.

Así se inició el proceso de generación de energía eléctrica mediante hidroeléctricas

Cuadro 3. Potencial hidroeléctrico en México (2011).

Nivel	Número de proyectos	Potencia instalada (MW)	Generación media anual (GWh)
Identificación	320	21 250	63 796
Gran visión	120	7 884	22 047
Prefactibilidad	28	3 387	9 048
Factibilidad	35	6 953	17 280
Diseño	2	1 650	2 593
Construcción	1	750	1 228
<b>Total</b>	<b>506</b>	<b>41 882</b>	<b>115 993</b>

Fuente: www.cfe.gob.mx.

en los años treinta del pasado siglo XX; evidentemente, el horizonte de ese periodo en materia de la industria eléctrica en México era monopólico y las empresas que lo manejaban (con un 90% de la electricidad del país) eran la Mexican Light and Power Company, Ltd. y la American and Foreign Power Company, que además controlaban el abastecimiento de este recurso; pero con la hidroelectricidad todo se modificó, es decir, empezó a cambiar el manejo del progreso mexicano mediante el sector eléctrico, ya que dicho monopolio, como en cualquier tiempo de la historia, vislumbraba evidentemente un nuevo horizonte comercial con base en nuevas tecnologías para generar electricidad, pero la demanda era mucho menor a la capacidad instalada, sobre todo en los inicios del siglo XX, gracias a eventos históricos como la Revolución Mexicana y el periodo del establecimiento de la constitución de México, donde el índice de mortalidad se incrementó, pero la energía sobrante podía venderse en otros mercados; como ya se mencionó en el punto anterior de este artículo, se experimentó la facilidad de vender el recurso eléctrico a consumidores comerciales, industriales y particulares, o a las autoridades, para promocionar servicios públicos como tranvías, alumbrado público, bombeo de agua potable, etcétera. No había inversión y mucho menos control del gobierno mexicano en el sector eléctrico.

La segunda parte es posterior al año 1937, cuando se crea la Comisión Federal

de Electricidad, y se inicia una verdadera transformación en el sector eléctrico nacional; las centrales hidroeléctricas buscan aprovechar el enriquecimiento hidrológico con el que cuenta México.

De acuerdo con el cuadro 1, se tiene registrado que hasta antes del año 1937 se instalaron 192.13 MW de potencia nominal en todo el territorio nacional; el cuadro 2 muestra el crecimiento de las centrales hidroeléctricas, lo que es razonable, ya que hubo incremento en cuanto a explotación demográfica (según registros del INEGI de las últimas cinco décadas del siglo XX), así como manejos de estructuras financieras que ayudaron a la inversión para la construcción de proyectos hidroeléctricos. Cabe señalar que en el periodo comprendido de 1932 a 1940 no hubo construcción de centrales hidroeléctricas, debido a que México reestructuró con la CFE el sector eléctrico y no se hicieron inversiones fuertes, así como el acontecimiento histórico de la Segunda Guerra Mundial donde el mundo estuvo paralizado en varios ámbitos, así como una demanda de energía no muy creciente.

Así, las hidroeléctricas han tenido altibajos en cuanto a su construcción debido a las diversas prioridades de inversión de los gobiernos federales a lo largo del tiempo. En los años cincuenta del siglo pasado, las inversiones en la búsqueda del aprovechamiento de ríos para generar energía eléctrica destacaban, pero considerando que en los años setenta se encontró el yacimiento petrolero Cantarell,

el gobierno federal se abocó a la explotación del petróleo y sus productos derivados, y con ello bajó considerablemente la construcción de hidroeléctricas.

Por otro lado, las políticas internacionales, como los tratados que México ha celebrado con Canadá y Estados Unidos para buscar un progreso, han contribuido a que el gobierno mexicano se mesure más en las inversiones fuertes, pasando entonces a la inversión privada y con ello salvaguardar las finanzas públicas con los famosos contratos de obra pública denominados Pidiregas. Los proyectos hidroeléctricos son inversiones rentables, pero muy fuertes al inicio; esto es un riesgo en un país como México, pero algo necesario, pues es una manera de fomentar la sustentabilidad, buscando ser socialmente responsable, ambientalmente factible y económicamente viable con su población en el sector energético hidráulico.

Como ya se mencionó en este artículo, una vez consolidada la Revolución, el poder público se fortaleció jurídica y políticamente, y durante una buena parte del siglo XX, el gobierno federal mexicano asumió los asuntos de interés nacional. Así, en 1926 se creó la comisión Nacional de Irrigación (CNI), organismo federal especializado en construir obras de irrigación y administrar los sistemas de riego.

La creación de la CNI trajo consigo un importante impulso al conocimiento de varias ciencias y técnicas (hidrología, meteorología, geología, topografía, agronomía y agrología, entre otras), y de otros aspectos de la geografía del país. Gracias a ello se pudo contar con un sistema de registro hidrológico mucho más sistemático y preciso, sobre todo para las cuencas hidrológicas más importantes, en donde estaban construyéndose o por construir grandes obras de riego. Durante el sexenio del presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940), México comenzó una etapa de franco crecimiento económico. El gobierno cardenista creó en 1937 la Comisión Federal de Electricidad (CFE), organismo fundamental para el progreso de la

nación. Poco después, la CNI amplió su visión sobre la finalidad de construir presas, ya no solamente para irrigación, sino también para el control de avenidas y para la generación de energía eléctrica. Incorporó a sus actividades realizar estudios, proyectos e instalaciones para la generación hidroeléctrica.

La construcción de las nuevas centrales hidroeléctricas iba a aprovechar importantes avances científicos y tecnológicos, la información acumulada y el perfeccionamiento de la exploración geológica, para conocer la estructura del suelo y subsuelo; nuevos diseños más resistentes, que reducirían enormemente el costo de las cortinas y permitirían que éstas fueran más altas; la aparición de un nuevo tipo de éstas con cara de concreto, y la utilización de maquinaria más manipulable y eficiente. Todos estos avances dieron lugar a los que algunos llaman “la gran hidráulica” o la “ingeniería de las grandes presas”.

En 1937, junto con la CFE, se crearon los laboratorios de experimentación y modelos hidráulicos de Tecamachalco, que pusieron a México a la vanguardia en el tema, en América Latina.

Para 1946, la CNI contaba con una sólida estructura técnica-administrativa y se había convertido en el principal órgano constructor del gobierno. El proceso de centralización “federalización” del manejo de las aguas culminó formalmente al comenzar el sexenio del presidente Miguel Alemán (1946-1952), cuando el Congreso de la Unión aprobó la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). El nacimiento de la SRH evidenciaba la creciente participación del gobierno en los asuntos del agua y también mostraba su apuesta por el éxito de la labor hidráulica de los regímenes surgidos de la Revolución Mexicana. Con la nueva secretaría se pretendía impulsar el aprovechamiento integral de los recursos hidráulicos de la nación y concentrar en un solo organismo el esfuerzo del gobierno federal en la materia. Fue tan importante este objetivo, que el escudo de la SRH ostentaba la leyenda: “Por la grandeza de México”.



Entre 1924 y 1946, el enfoque predominante había sido elaborar y ejecutar proyectos específicos de aprovechamiento de determinadas corrientes fluviales. La creación de la SRH, que implicó la agrupación de dependencias federales ya existentes ubicadas en distintas instituciones de gobierno, definió el comienzo de una modificación a ese enfoque; el objetivo de la nueva institución consistía en llevar a cabo obras de riego y de aprovechamiento del agua para fines múltiples, tratando de obtener el máximo beneficio de cada corriente y depósito de agua, fuera éste superficial o subterráneo. En adelante habría una preocupación explícita por considerar el desarrollo hidráulico de una manera integral, tomando en cuenta todos los aspectos relacionados con proyectos en torno al recurso agua. Esto es, evidentemente, un progreso hidráulico importante, en función de la demanda que el país experimentó en esas fechas.

Entre 1947 y 1952 se realizó un gran número de obras, particularmente de gran irrigación, así como de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Por su magnitud destacan las siguientes: Álvaro Obregón (Oviachic), Sanalona (Sanalona), Solís (Solís), Abelardo R. Rodríguez (Abelardo Rodríguez) y Francisco I. Madero (Las Vírgenes).

A continuación se analizan las centrales hidroeléctricas más importantes del pasado reciente:

La presa hidroeléctrica "Malpaso", ubicada en el noroeste de Chiapas, a 40 kilómetros del punto donde limitan los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas, es la primera y más importante hidroeléctrica construida para el desarrollo del sureste en México sobre el río Grijalva. En esa región se tiene la mayor concentración de agua del país México. El erario público se hizo cargo de la construcción (entre 1958 y 1966).

La Central Hidroeléctrica Infiernillo se encuentra en el límite entre los estados de Michoacán y Guerrero sobre el río Balsas, tiene una capacidad de almacenamiento de 5 500 millones de metros cúbicos de agua y

cuenta con una capacidad instalada de 1 120 MW. Su cortina tiene 149 metros de altura, 350 metros de longitud y fue la primera presa construida con estas dimensiones en México (su construcción se terminó en 1963). Debido a que esta central hidroeléctrica se localiza en la zona de mayor riesgo sísmico del país, continuamente se evalúa el comportamiento dinámico de sus estructuras, lo cual genera un costo adicional al costo directo que el gobierno mexicano desembolsó para su construcción.

La Central Hidroeléctrica Chicoasén está ubicada sobre el río Grijalva, en el municipio de Chicoasén, Chiapas. Esta central cuenta con ocho unidades turbogeneradoras de 300 MW cada una, para una capacidad instalada total de 2 400 MW. Estas unidades entraron en operación comercial en 1980. La energía que genera es transportada a través de diez líneas de transmisión a los estados de Veracruz y Chiapas. Fue un gran éxito para la CFE, y se construyó con dinero del erario público.

La Presa Hidroeléctrica Aguamilpa en Nayarit fue concluida en 1993. Está conformada por una cortina de enrocamiento con cara de concreto, con una altura de 187 metros de altura, (la más alta de su tipo en América Latina en ese entonces); el agua de su embalse tiene un volumen de 6 950 millones de metros cúbicos a lo largo de 50 kilómetros sobre el río Santiago y el río Huaynamota; tiene una capacidad instalada de 960 MW. La presa de Aguamilpa no sólo permite una importante generación de energía eléctrica, sino que regula las avenidas de los ríos para evitar la inundación de los pueblos ubicados río abajo. Para su construcción se recurrió a un préstamo extranjero, basado en los alcances del Tratado de Libre Comercio entre México y Estados Unidos, en el periodo del entonces presidente de México Carlos Salinas de Gortari, con lo cual se creó una deuda importante.

Finalmente, la última magna obra en centrales hidroeléctricas en México fue El Cajón. Comenzó a construirse en el año 2003 y está ubicada en el estado de Nayarit. Es uno de los proyectos más importantes de su tipo, ya que



fue diseñado con una capacidad de generación de 750 megawatts (MW) a través de una cortina de 190 metros de altura, (la más alta de su tipo en el mundo hasta ese entonces); el agua de su embalse tiene un volumen de alrededor de 2 393 millones de metros cúbicos. Durante su desarrollo se generaron aproximadamente seis mil empleos directos y fue diseñada completamente por ingenieros mexicanos. En 2004 recibió el premio “Deal of the Year” por la publicación *Project Finance*, por la estructura financiera de la obra (Pidiregas, Inversión Financiada), reconociendo la importancia de la operación que permitió tener un crédito por aproximadamente 800 millones de dólares. Fue el mayor financiamiento concedido al sector eléctrico en México para construir una central hidroeléctrica.

### *Presente*

Desde 1987, México ha encontrado un nuevo mecanismo de inversión denominado Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo de Impacto Diferido en el Gasto, también conocido como Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (Pidiregas), basado en la participación de la iniciativa privada para aplicarlo en el sector energético.

Actualmente se está construyendo el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, el cual inició en 2008 con una inversión de 767 millones de dólares y generará diez mil empleos directos e indirectos durante todo su periodo de construcción. Se espera que esta central hidroeléctrica quede concluida en junio de 2012. Se ubica en el estado de Nayarit, sobre el río Santiago, justo donde ese estado delimita con el de Jalisco, incorporando 750 MW al sistema eléctrico nacional. La Yesca tendrá 220 metros de altura y un embalse con capacidad de 2 390 millones de metros cúbicos; al igual que la central hidroeléctrica El Cajón, es un proyecto de inversión financiada, con lo que se busca no afectar o prolongar la deuda pública y que cuando empiece a generar se recupere rápidamente la inversión.

El esquema Pidiregas no sólo lo utiliza México en el sector eléctrico para proyectos hidroeléctricos, sino que el gobierno federal lo ha tomado como estandarte para promover infraestructura reciente y futura.

### *Futuro*

Las energías renovables no han sido un punto medular en México, sobre todo porque se considera al petróleo como fuente medular de progreso. Un poco más del 85% de la energía consumida en el territorio mexicano proviene de fuentes fósiles. Desde hace unos años, el actual director de la CFE ha anunciado que México siempre ha tenido la intención de aumentar la utilización de energías renovables hasta llegar a un 28% antes del año 2012. Para esto se cuenta con una fuente de energía renovable muy discutida por el alto impacto ecológico: las centrales hidroeléctricas.

Se vislumbra a corto plazo (en los próximos diez años) el desarrollo de importantes proyectos hidroeléctricos, como La Yesca (Nayarit), La Parota (Guerrero), Paso de la Reina (Oaxaca), Copainala (Chiapas) y Las Cruces (Nayarit), los cuales se llevarán a cabo mediante la modalidad de obra pública financiada como contratos Pidiregas. Este mecanismo indudablemente es y será el modo de inversión actual y futuro del gobierno federal mexicano. Como se observa en el cuadro 3, México tiene 166 TW para explotar en materia de hidroelectricidad.

### **Conclusiones**

A lo largo de la historia de México se vislumbra que la generación de energía eléctrica tiene como base primordial satisfacer la demanda del sector eléctrico y, con ello, su diversificación, para lograr dicho suministro; pero no fue sino a partir del gobierno de Lázaro Cárdenas —cuando se creó la CFE— que se le dio un verdadero rumbo a la generación de energía eléctrica. Otro impulso en pro del uso de la

energía se da en 1960, al nacionalizarse la industria eléctrica.

Desde ese entonces, la CFE parte de una planeación estructurada. Debido a diversos acuerdos que México ha celebrado con países desarrollados, como Estados Unidos y Canadá, se ha ido regulando en materia de proyectos magnos, como centrales hidroeléctricas.

A partir del descubrimiento en los años setenta del yacimiento petrolero Cantarell, las centrales termoeléctricas se volvieron rentables y disminuyó el interés en las centrales que utilizaban recursos renovables.

Empero, a partir de la conciencia mundial en torno al llamado cambio climático, se ha detonado el interés por el desarrollo de centrales hidroeléctricas debido a que no usan combustibles fósiles.

De las centrales que utilizan recursos renovables con las que México genera energía eléctrica, las más factibles son las centrales hidroeléctricas. La historia muestra que la ingeniería mexicana ha buscado un crecimiento en el aprovechamiento del recurso hídrico, pero México todavía depende en gran medida de centrales que utilizan combustibles fósiles; sin embargo, la política actual es buscar un desarrollo sustentable.

Hoy día, la CFE se enfoca en la construcción de centrales hidroeléctricas y tiene identificados 506 posibles proyectos a desarrollarse en México (cuadro 3). De esa cartera de proyectos se avanza en diferentes niveles de estudio:

#### Planeación

1. Identificación
2. Gran visión
3. Pre-factibilidad
4. Factibilidad

#### Diseño

1. Ingeniería básica
2. Ingeniería de detalle

## Construcción

Por otro lado, México ha dejado de construir centrales hidroeléctricas por largos lapsos; esto se debe a que las centrales hidroeléctricas requieren de una alta inversión; por ejemplo, para El Cajón se necesitó un monto superior a los 750 millones de dólares.

Entre 1994 y el año 2000, y de acuerdo con las directrices del gobierno federal, la CFE invirtió en plantas de generación de energía de ciclo combinado. Hoy en día el precio del gas se está estabilizando y el costo del combustible es de más de ochenta dólares el barril de acuerdo con Petróleos Mexicanos (Pemex) Refinación ([www.pemex.gob.mx](http://www.pemex.gob.mx)), lo que ha colocado a las hidroeléctricas de nuevo en el mapa como fuentes de generación muy competitivas, ya que tienen un costo de operación muy bajo, aunque las inversiones iniciales sean fuertes.

Las condiciones ambientales actuales hacen que la generación de energía en México retome un enfoque sustentable y deba equilibrar las fuentes de generación y diversificarlas para no tener una sola dependencia (combustibles fósiles).

Hoy en día el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca se está construyendo y es parte de un sistema de presas que quedó inconcluso hace más de diez años, de ahí que la CFE decidiera impulsar la obra.

Los proyectos hidroeléctricos El Cajón (ya concluido), así como La Yesca son obras públicas financiadas. El procedimiento de financiamiento parte de los fondos que se generaron por medio de un mecanismo en el que la CFE informa a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público cuánto cuesta el proyecto y ésta emite un Proyecto de Inversión con impacto Diferido en el Registro del Gasto (Pidiregas), estima la tasa de interés y el flujo financiero que debe haber. La licitación de este tipo de obras se emite con la condición de que el constructor cuente con el dinero para financiarla; la CFE realiza el pago al momento de la terminación. Con esta participación de la iniciativa privada se cuidan las finanzas

públicas. Este mecanismo es la plataforma de expansión de los proyectos actuales y futuros de infraestructura en México.

Este esquema financiero ha marcado un hito en lo que se refiere a obra pública. Sin embargo, puede haber incertidumbre al principio, pero es importante entender que la inversión de dinero privado no es un riesgo, sino que más bien fomenta los otorgamientos de créditos bancarios y hace crecer la economía mexicana.

Por otro lado, la cartera de proyectos (cuadro 3) cubre con amplitud la necesidades del sistema eléctrico tanto desde el punto de vista geográfico (presentando proyectos próximos a los nodos importantes en cuanto a demanda del sistema) como los proyectos más rentables de un cierto sistema hidrológico y/o de una región (cinco, en que se tiene dividido el país).

La disponibilidad de aprovechamientos hidroeléctricos en México es vasta, y la decisión de cuántos y cuáles construir estará en función de los recursos económicos que se tengan en el futuro a corto plazo, y de las mejores condiciones para ello. Retomando la cartera a corto plazo que se menciona en este artículo, un aspecto relevante que se debe tomar en cuenta antes de la selección de los proyectos a construir es el impacto ambiental.

El cuadro 1 muestra cómo, desde inicios del siglo XX en México, se tenía especial cuidado en el medio ambiente, incluso hasta el año de 1950, cuando la generación de energía eléctrica era producida en un porcentaje mayor por centrales hidroeléctricas; posteriormente, debido a decisiones de tipo político y con el afán de evitar inversiones importantes, se recurrió a las centrales termoeléctricas. Se debe volver a la generación de energía eléctrica mediante recursos renovables, donde indudablemente México es beneficiado con el recurso hídrico para este objetivo.

Cabe señalar que en nuestro país, los organismos gubernamentales que se ocupan de la construcción de los aprovechamientos hidráulicos deben estar conscientes de la importancia del medio ambiente. Como

ejemplo, la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE realiza estudios cada vez más completos tendientes a prever y mitigar los impactos en los ecosistemas.

Es necesario manifestar que el actual mecanismo de obra pública conocido como Pidiregas ha sido la directriz para la construcción de centrales hidroeléctricas, ya que las políticas actuales en el mundo están basadas en las afectaciones climáticas que propician efecto de gas invernadero por el excesivo uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. En México, la fuente generadora de energía más factible que utiliza recursos renovables son las hidroeléctricas, pero se necesita la participación de la iniciativa privada para poder salvaguardar las finanzas públicas y mantener constante el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, a fin de garantizar siempre el abastecimiento del recurso eléctrico y con ello cubrir la demanda de energía eléctrica, abrir mercados internacionales (venta de certificados de bonos de carbono) y sobre todo generar progreso en México de una manera sustentable. Por lo tanto, es necesario concientizar el ámbito político mexicano para que el sector de financiamiento (Secretaría de Hacienda y Crédito Público) tenga un panorama claro de los beneficios del potencial hidroeléctrico que posee nuestro país y autorice las inversiones para llevar a cabo la construcción de los proyectos a corto plazo que se tienen en cartera, para así fomentar la adecuada utilización de los recursos económicos, con el objetivo de que las centrales hidroeléctricas sean un detonante de desarrollo sustentable y una auténtica energía del porvenir.

Recibido: 08/06/11

Aceptado: 11/01/12

## Referencias

AMH. Memorias. Congreso Nacional de Hidráulica XXI, Zapopan Jalisco [en línea]. Asociación Mexicana de

- Hidráulica, 2010. Disponible para la *World Wide Web*: [www.amh.org.mx](http://www.amh.org.mx).
- CFE. *Estadísticas/Centrales hidroeléctricas*. Comisión Federal de Electricidad [en línea]. Disponible para la *World Wide Web*: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx).
- CRE. Comisión Reguladora de Energía [en línea]. Disponible para la *World Wide Web*: [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx).
- NOTICIAS 24 DE VENEZUELA. Periódico *Noticias 24 de Venezuela*. Disponible en la *World Wide Web*: <http://www.noticias24.com>, <http://www.noticias24.com/actualidad/noticia/182120/en-gaceta-oficial-el-acuerdo-entre-venezuela-y-rusia-para-programa-nucleoelectrico/>.
- POISE. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (2010-2024), Comisión Federal de Electricidad, Dirección de Proyectos de Inversión Financiada (DPIF).
- SENER. *Energías renovables* [en línea]. Secretaría de Energía. Disponible para la *World Wide Web*: [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx).

## Abstract

RAMOS-GUTIÉRREZ, L.J. & MONTENEGRO-FRAGOSO, M. *Hydroelectric centers in Mexico: past, present and future*. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*. Vol. III, No. 2, April-June, 2012, pp. 103-121.

Hydroelectric generation began in 1882, in the rudimentary installation of small local plants in England, the United States and France. Several years later in Mexico the first of its facilities were built. Batopilas in Chihuahua was the first in the country, built in 1889. Our country is therefore considered a pioneer in electric energy generation. For 48 years, private foreign companies installed small hydroelectric plants and sold the product in Mexico. In 1937, the government of President Lázaro Cárdenas created the Federal Electric Commission (CFE, Spanish acronym) and with that the State entered into the generation of electric energy. Today, the world needs to rely on sustainable development, using renewable resources to generate electric energy and prevent climate change, and in Mexico, water resources are the most attractive renewable resources given its geography, topography and landforms. It is worth mentioning that since August 14, 1937, when the CFE was created, the country has had 64 hydroelectric plants, 20 of which are significantly large and 44 are small. Fifty-seven hydroelectric plants produce electric energy and 7 are not in operation: El Durazno, Huazuntlán, Ixtapantongo, Santa Bárbara, Las Rosas, Tepazolco and Tingambato. There are a total of 181 generator units of this type. Of the 20 largest plants, 5 are in the Northwest Regional Production District, 2 in the North, 5 in the West, 2 are in the Central Regional Production District and 6 are in the Southeast. Sustainability based on the use of renewal resources should be a guiding principle in Mexico. Countries that have exhausted their hydroelectric potential will attempt to sell their technology and countries such as Mexico will significantly increase the construction of this type of plant because of the great advantages they offer over other energy sources. In the last decades of the 20th century, hydroelectric plants were not built in the country because of the interest in building thermoelectric plants during the middle of that century, which were considered less expensive and thus more economically feasible for public finances. Additionally, natural oilfields found in March 1971, known as Cantarell, led to the government's inclination toward plants that use fossil fuels, freeing up the public finances. Today, this is considered to have been an error, given the environmental problem experienced worldwide.

**Keywords:** sustainable development, hydroelectric centers, history, public finances.

## Dirección institucional de los autores

M.A.C. Leonardo de Jesús Ramos-Gutiérrez

Comisión Federal de Electricidad  
Residencia de Construcción del P.H. La Yesca  
Mesa de Flores, 46440 Hostotipaquillo, Jalisco, MÉXICO  
Teléfono: +52 (33) 3283 0200  
leonardo.ramos@cfe.gob.mx

Dr. Manuel Montenegro-Fragoso

Profesor de la Academia de Energía, Térmica y Fluidos  
Universidad Panamericana, Campus Guadalajara  
Prolongación Calzada Circunvalación Pte. núm. 49  
Ciudad Granja  
45010 Zapopan, Jalisco, MÉXICO  
Teléfono: +52 (33) 1368 2226  
mmontene@up.edu.mx